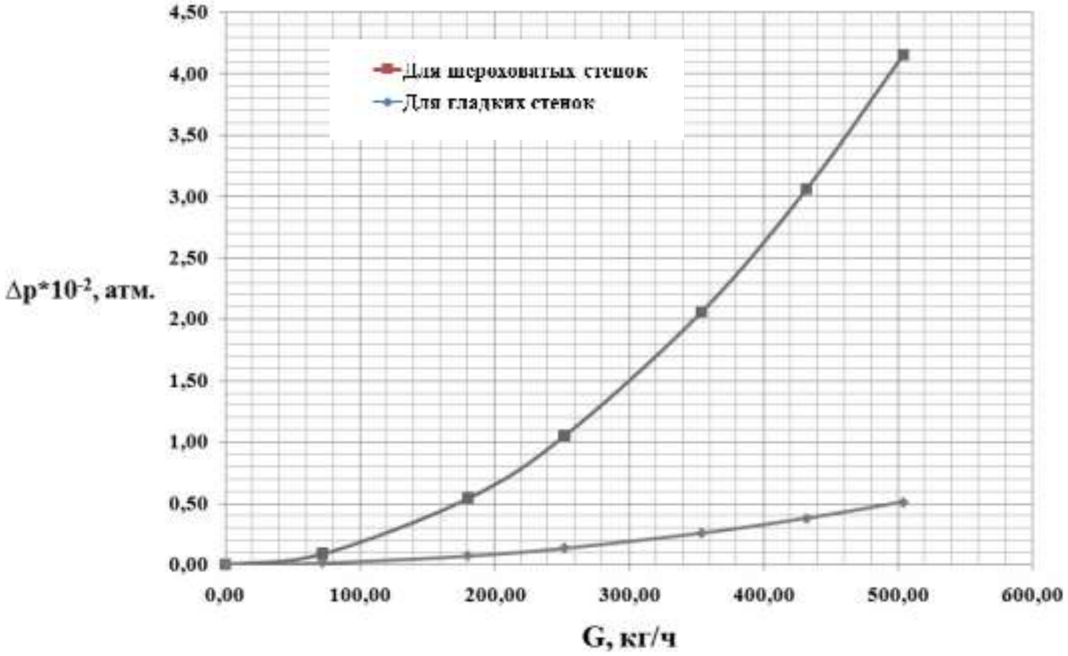

Рис. 3. Сравнение результатов гидравлического расчета

Список использованных источников

1. Каталог продукции ООО «Электротехнический альянс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.elta-e.ru/pns/ (дата обращения 25.11.17)
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.

УДК 536.2

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРОНТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗМУЩЕНИЯ

METHOD OF THE DECISION OF TASKS OF HEAT CONDUCTION ON THE BASIS OF DETERMINATION OF THE FRONT OF TEMPERATURE PERTURBATION

Максименко Г. Н., Бочков А. М., Федькин В. В., Коростелев М. С., Халикова Л. Д., Бекшаев А. А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, totig@yandex.ru

Maksimenko G. N., Bochkov A. M., Fedkin V. V., Korostelev M. S.,
Halikova L. D., Bekshayev A. A.
Samara State Technical University, Samara

Аннотация На основе интегрального метода путем определения фронта температурного возмущения получено приближенное аналитическое решение нестационарной задачи теплопроводности для бесконечно протяженной пластины. При симметричных граничных условиях первого рода в стадии нерегулярного режима теплообмена. Решение позволяет выполнять оценку температурного состояния пластины для малых и сверхмалых значений временной переменной.

Abstract: On the basis of an integral method by determination of the front of temperature perturbation the approximate analytical solution of the nonstationary task of heat conduction for infinitely extensive plate is received. In case of the symmetric boundary conditions of the first kind in a stage of the irregular mode of heat exchange. The decision allows to execute assessment of a temperature status of a plate for small and midget values of temporary variable.

Ключевые слова: *задача теплопроводности, бесконечная пластина, интегральный метод теплового баланса, фронт температурного возмущения.*

Key words: *task of heat conduction, the infinite plate, integral method of a heat balance, front of temperature perturbation.*

Точные аналитические решения, полученные классическими методами (метод разделения переменных, интегральных преобразований, операционные), выражаются бесконечными функциональными рядами, плохо сходящихся при малых и сверхмалых значениях временной переменной. Наиболее эффективным методом получения приближенных аналитических решений на начальном участке временной переменной является интегральный метод теплового баланса, связанный с определением фронта температурного возмущения. Основную идею метода рассмотрим применительно к нахождению решения краевой задачи теплопроводности для пластины с граничными условиями 1-ого рода в математической постановке вида

$$\frac{\partial\Theta(\xi,\mathrm{Fo})}{\partial\mathrm{Fo}}=\frac{\partial^2\Theta(\xi,\mathrm{Fo})}{\partial\xi^2};\quad (\mathrm{Fo}>0;\ 0<\xi<1) \qquad (1)$$

$$\Theta(\xi,0)=0;\ (2)\qquad \Theta(0,\mathrm{Fo})=1;\ (3)\qquad \partial\Theta(1,\mathrm{Fo})/\partial\xi=0,\ (4)$$

где $\Theta=(T-T_0)/(T_{\text{ст}}-T_0)$ – безразмерная температура; $\mathrm{Fo}=a\tau/\delta^2$ – число Фурье; $\xi=x/\delta$ – безразмерная координата; x – координата; δ – ширина пластины; a – коэффициент температуропроводности; τ – время; T_0 – начальная температура; $T_{\text{ст}}$ – температура стенки.

Введем движущуюся границу (фронт теплового возмущения), которая разделяет исследуемую область $0\le\xi\le1$ на подобласти $0\le\xi\le q_1(\mathrm{Fo})$ и $q_1(\mathrm{Fo})\le\xi\le1$, где $q_1(\mathrm{Fo})$ – функция, описывающая движение границы во времени (рисунок).

Постановка задачи для 1-ой стадии будет

$$\frac{\partial\Theta(\xi,\mathrm{Fo})}{\partial\mathrm{Fo}}=\frac{\partial^2\Theta(\xi,\mathrm{Fo})}{\partial\xi^2};\quad (0<\mathrm{Fo}\le\mathrm{Fo}_1;\ 0\le\xi\le q_1(\mathrm{Fo})) \qquad (5)$$

$$\Theta(0,\mathrm{Fo})=1;\ (6)\qquad \Theta(q_1,\mathrm{Fo})=0;\ (7)\qquad \partial\Theta(q_1,\mathrm{Fo})/\partial\xi=0,\ (8)$$

где соотношения (7), (8) являются условиями сопряжения прогретой и непрогретой областей.

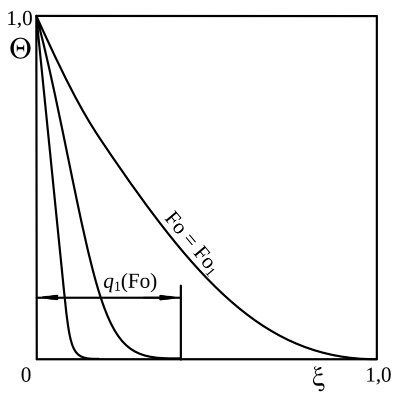

Схема теплообмена

Решение задачи (5) – (8) разыскивается в виде

$$\Theta(\xi, \mathrm{Fo}) = 1 + \sum_{k=1}^{n} a_k(q_1)\, \xi^{2k-1}, \tag{9}$$

где $a_k(q_1)$, $(k = \overline{1, n})$ – неизвестные коэффициенты; n – число приближений.

Соотношение (9) благодаря нечетным степеням алгебраического полинома удовлетворяет условию (6). Неизвестные коэффициенты $a_k(q_1)$, $(k = 1, 2)$ определяются из (7), (8). Подставляя (9) в (7) и (8), ограничиваясь двумя слагаемыми ряда, для $a_1(q_1)$ и $a_2(q_1)$ получим систему алгебраических уравнений, решение которой $a_1 = -1{,}5/q_1$; $a_2 = 0{,}5/q_1^2$. Подставляя полученные значения коэффициентов в (9), получаем

$$\Theta(\xi, \mathrm{Fo}) = 1 + \sum_{k=1}^{2} (-1)^k A_k \left(\frac{\xi}{q_1}\right)^{2k-1}, \tag{10}$$

где $A_1 = 1{,}5$; $A_2 = 0{,}5$.

Для получения функции $q_1(\mathrm{Fo})$ составим невязку уравнения (5) и найдем интеграл от нее в пределах глубины прогретого слоя (что равносильно нахождению интеграла теплового баланса – осреднению уравнения (5)

$$\int_0^{q_1(\mathrm{Fo})} \frac{\partial \Theta(\xi, \mathrm{Fo})}{\partial \mathrm{Fo}}\, d\xi = \int_0^{q_1(\mathrm{Fo})} \frac{\partial^2 \Theta(\xi, \mathrm{Fo})}{\partial \xi^2}\, d\xi. \tag{11}$$

Подставляя (10) в (11), после нахождения интегралов будем иметь

$$q_1 dq_1 = 4d\mathrm{Fo}. \tag{12}$$

Определяя решение уравнения (12), с учетом начального условия $q_1(0) = 0$ находим

$$q_1(\mathrm{Fo}) = \sqrt{8\mathrm{Fo}}. \tag{13}$$

Положив $q_1(\mathrm{Fo}_1) = 1$, из (13) определяем время завершения первой стадии $\mathrm{Fo}_1 = 1/8 = 0{,}125$.

Формулы (10), (13) являются решением задачи (5) – (8) во втором приближении – число приближений определяется числом членов суммы соотношения (9).

Анализ результатов расчетов по формуле (10) в сравнении с точным аналитическим решением [2] позволяет сделать вывод о том, что наибольшее расхождение наблюдается при $\mathrm{Fo} = \mathrm{Fo}_1$ и составляет около 9 %. С уменьшением безразмерного времени Fo расхождение с точным решением уменьшается. Для повышения точности решения необходимо увеличивать число членов ряда (10), неизвестные коэффициенты которого определяются из основных (7), (8) и некоторых дополнительных граничных условий [1].

Список использованных источников

1. Кудинов В. А., Кудинов И. В. Аналитические методы теплопроводности. Самара : Самарск. гос. арх.- строит. ун-т, 2011. 258 с.
2. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. : Высшая школа, 1967. 600 с.

УДК 536.4; 66.045.12

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ГАЗООХЛАЖДЕНИЯ ПГУ-ВЦГ

ANALYSIS OF PROBLEMS ARISING IN THE DEVELOPMENT OF GAS COOLER IGCC

Марчкова Ю. А., Масленников Г. Е., Микула В. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
yuliamarchkova@mail.ru

Marchkova Yu. A., Maslennikov G. E., Mikula V. A.
Ural Federal University, Ekaterinburg